

Эти обстоятельства указывают на возможность применения газотурбинной генерации электроэнергии для эффективного энергообеспечения рудоперерабатывающего предприятия, так как ГТУ являются источником продуктов сгорания ПГ с температурой ниже 700 °С. Обжиг руды таким энергоносителем может использовать весь остаточный теплоперепад продуктов сгорания, что предельно повышает эффективность использования природного газа.

Кроме того, генерируемая электроэнергия может полностью закрыть собственное электропотребление предприятия с отказом от сетевой энергии и большим экономическим эффектом.

Чтобы оценить возможности данного проекта, был произведен оценочный расчет внедрения в энергетическую сеть ГТУ мощностью  $N_3=130$  МВт. Вдобавок к электрической энергии в ГТУ вырабатывается тепловая энергия  $N_T=278$  МВт.

При обжиге 1 т сидеритовой руды выделяется  $m_{yt}=0,35$  т газа  $CO_2$ , следовательно, обжигу подвергнется  $m_p=0,65$  т руды [2]. Объем сидерита, подаваемый на обжиг, равен  $G_c=0,206$  т/с, а на размол и СМС  $G_p=0,134$  т/с. Расход топлива при сгорании в печи  $V_{п}=37,6$  м<sup>3</sup>/т, в ГТУ  $V_{гту}=11,4$  м<sup>3</sup>/т.

Эффективное использование тепловых отходов только одной ГТУ-130 МВт при непрерывной работе позволяет переработать 4-5 млн т сидероплезитовой руды в год, то есть действующий производственный план.

Таким образом, установка ГТУ на рудоперерабатывающее предприятие целесообразна, при меньшем расходе топлива позволяет получать необходимую для обжига сырья тепловую энергию и электрическую энергию, требуемую для дальнейших энергетических нужд.

Не менее важным является то обстоятельство, что переработка сидероплезитовых руд на базе газотурбинной генерации при определенных условиях может превратиться из довольно крупного потребителя в крупного поставщика электроэнергии в региональную энергетическую систему.

Это может дать *интенсивный энергосберегающий эффект*, то есть одновременную экономию тепловой и электрической энергии с избытком последней.

#### *Библиографический список*

1. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки. М.: Энергоатомиздат, 1985. 298 с.
2. Теплофизические свойства веществ и материалов. М.: Изд-во стандартов, 1978. 135 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ГОТОВОГО ПРОКАТА**

*Захаров Р.В., Гордеева И.С., Матвеев С.В.  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова  
E-mail: zaharovrom@gmail.com*

Реальная производственная деятельность невозможна без использования конструкционных материалов. Анализ данных по их производству показывает, что наиболее активно используется металлургическая продукция – практически

половина из общего потребления всех материалов в мире. В структуре используемых видов металлов почти 90 % – это стальной прокат [1].

Стальной прокат после горячей прокатки охлаждается водой (около 10 т/т проката) от температуры 900 °С до 590 °С (температура смотки готового листа в рулон) и выделяет с каждой тонны около 20 МДж теплоты. Вся эта теплота на современном этапе теряется в окружающую среду.

Водяное охлаждение стали с температурой около 900 °С отличается крайней неэффективностью, так как вода испаряется еще до контакта с поверхностью. Между охлаждающей водой и поверхностью стального листа находится паровая пленка, которая обеспечивает интенсивность охлаждения около 1000 Вт/(м<sup>2</sup>·К) вместо 10 000 Вт/(м<sup>2</sup>·К) для воды. Это приводит к удлинению зоны охлаждения до 30–40 м и полной потере теплоты стального листа.

Кроме того, на натяжение полосы и смотки ее в рулон расходуется до 5 кВт·ч/т электроэнергии.

Замена воды на другой энергоноситель с температурой кипения выше 900 °С (температура стальной полосы) открывает возможность устранить паровую пленку, интенсифицировать теплоотдачу, сократить длину охлаждения и использовать охлаждение.

Известно решение по формированию тонкого стального листа между слоями жидкого теплоносителя [2] с возможной утилизацией теплоты жидкой стали и готового проката. Связь зоны кристаллизации стали с *зоной вторичного охлаждения (ЗВО)* после прокатки в этом решении осуществляется через теплоноситель, который циркулирует из одной зоны в другую. В качестве теплоносителя используется сплав С-13 (свинцово-висмутовый) с температурой кипения 1680 °С. Получаемый температурный потенциал теплоносителя до 1583 °С осложняет его использование из-за отсутствия стандартного оборудования.

В атомной промышленности существуют парогенераторы, входящие в состав атомных энергетических установок и работающие именно на сплаве С-13. Работа сплава организована в интервале температур 320...540 °С. Коэффициент теплоотдачи С-13 может достигать 60 000 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [2], что в 6 раз выше коэффициента для воды и в 60 – паровой пленки.

Предлагается использовать ЗВО известного решения для охлаждения готового проката и организовать работу теплоносителя в температурной зоне, обоснованной современным уровнем техники (до 540 °С). Это мероприятие может позволить использовать теплоту готового проката для выработки электроэнергии на собственные нужды прокатного цеха.

В работе была произведена предварительная оценка длины ЗВО горячей прокатки по интенсивности внешнего и внутреннего теплообмена при разных толщинах стального листа и необходимое количество охлаждающего теплоносителя. Результаты сведены в таблицу.

Толщина пластины, м	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006
Длина ЗВО, м	3,336	4,159	4,34	4,353	4,353
Масса жидкого теплоносителя, кг	668,777	1251	1740	2182	2618
Объём жидкого теплоносителя, м <sup>3</sup>	0,065	0,121	0,168	0,211	0,253

Применение такого теплоносителя может позволить увеличить интенсивность охлаждения и длину ЗВО на порядок.

Предлагаемое решение может позволить, с каждой тонны охлажденного проката получить с учетом КПД паротурбинного цикла – 40 % около 2 кВт·ч электроэнергии и в значительной степени компенсировать затраты электроэнергии на собственные нужды, что дает энергосберегающий эффект.

*Библиографический список*

1. Щёлоков А.М. Роль промышленной энергетики в снижении затрат на продукцию // Энергетики и металлургии – настоящему и будущему России: материалы 3-й Всерос. Науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов / под общ. ред. Сеничкина.- Магнитогорск: МГТУ, 2003.С. 107-112.

2. Строгонов К.В., Картавцев С.В. Жидкая сталь: использование теплоты и скоростная разливка // Магнитогорск: МГТУ, 2006. 147 с.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ С БЕГУЩИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

*Захаров Д.А., Родионов М.О., Коняев А.Ю, Назаров С.Л.  
УрФУ, konyaev@ustu.ru*

Устройства электродинамической сепарации в бегущем магнитном поле могут находить широкое применение при извлечении кусковых неферромагнитных металлов из твердых отходов производства и потребления, а также при сортировке лома цветных металлов на стадии подготовки его к металлургическому переделу [1]. Интерес к электродинамическим сепараторам обусловлен необходимостью решения задач ресурсосбережения (извлечение и переработка вторичных металлов) и охраны окружающей среды (утилизация твердых отходов).

Из электродинамических сепараторов, используемых в мировой и отечественной практике, наибольшей производительностью и универсальностью обладают сепараторы, в которых бегущее магнитное поле создается линейными индукторами с трехфазной обмоткой. Принцип работы электродинамических сепараторов подобен принципу работы линейных асинхронных двигателей. При этом роль вторичного элемента таких линейных индукционных машин (ЛИМ) выполняют извлекаемые из сепарируемых смесей проводящие предметы.

В то же время, электродинамические сепараторы, как электрические машины, имеют ряд своеобразных черт, отличающих их от обычных асинхронных двигателей. Прежде всего, это – повышенные воздушные зазоры, различная форма и малые размеры извлекаемых предметов - вторичных элементов (ВЭ). Эти особенности электродинамических сепараторов обуславливают значительно меньшие удельные усилия по сравнению с классическими асинхронными двигателями. По этой причине основной задачей проектирования электродинамических сепараторов становится обеспечение максимально возможного усилия извлечения.